第４講　2018年度 試行調査 第4問＆演習問題

■ 2018年度 試行調査

第４問　電磁誘導に関する次の文章（A・B）を読み，下の問い（**問 1〜 4**）に答えよ。
〔**解答番号** [1] 〜 [5] 〕（配点　22）

A　太郎君はエレキギターのしくみに興味を持った。**図 1** に示すエレキギターには，矢印で示した位置に検出用コイルがある。エレキギターを模した**図 2** のような実験装置を作り，オシロスコープにつないだ。磁石は上面が N 極，下面が S 極であり，上面にコイルが巻かれた鉄芯がついている。コイルの上で鉄製の弦が振動すると，その影響によりコイルを貫く磁束が変化し誘導起電力が生じる。オシロスコープの画面の横軸は時間，縦軸は電圧を示すものとする。

図 1

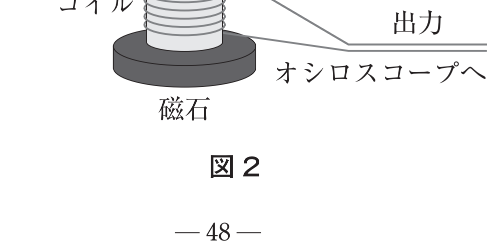


図２

問１　弦をはじき，コイルの両端の電圧を調べたところ，オシロスコープの画面は**図３**のようになった。同じ弦をより強くはじくとき，**図３**と同じ目盛りに設定したオシロスコープの画面はどのように見えるか。最も適当なものを，下の①～④のうちから一つ選べ。 **1**

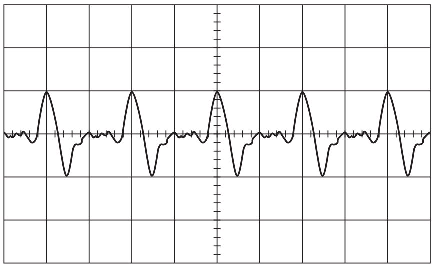
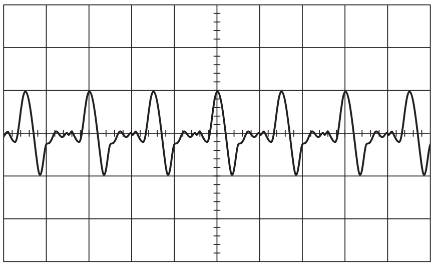
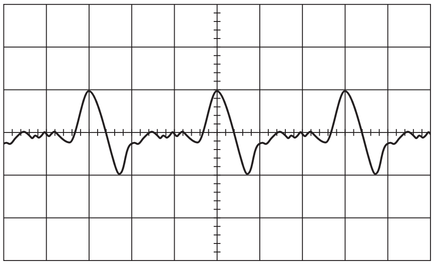


図３

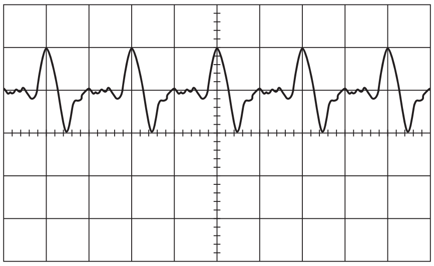
①



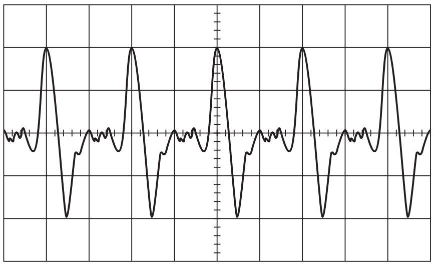
②



③



④



太郎君は次に，**図４**のように，弦の代わりに鉄製のおんさを固定した。おんさをたたいたところ，オシロスコープの画面は**図５**のようになった。

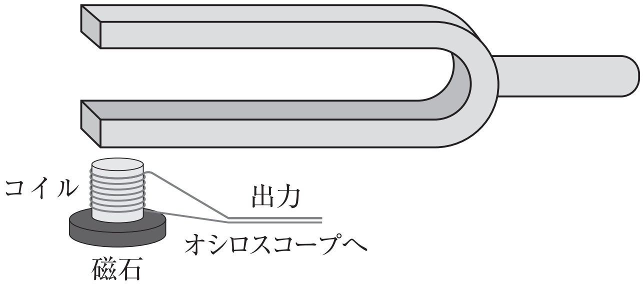


図４

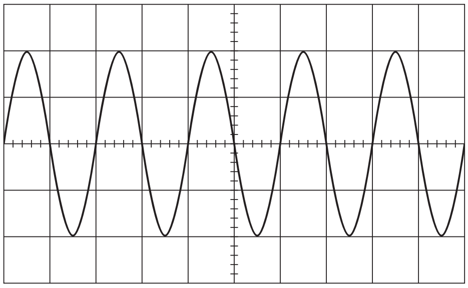


図５

問２　次に，鉄製のおんさと同じ形，同じ大きさの銅製のおんさで同じ実験を行ったところ，銅製のおんさの方が振動数の小さい音が聞こえた。このとき，**図５**と同じ目盛りに設定したオシロスコープの画面には横軸に沿って直線が見えるだけだった（**図６**）。**図５**と**図６**の違いは，鉄と銅のどの性質の違いによるか。最も適当なものを，下の①～⑦のうちから一つ選べ。 2

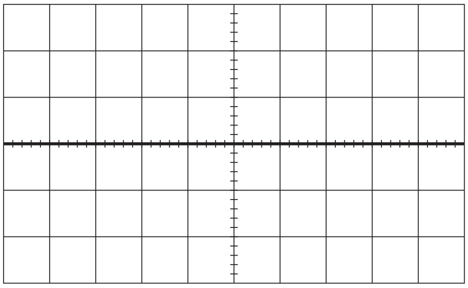


図６

① 音速　② 硬さ　③ 密度　④ 抵抗率
⑤ 比誘電率　⑥ 比透磁率　⑦ 比熱（比熱容量）

B　**図７**のように，アクリルパイプを鉛直に立て，その下端付近にコイルを設置した。コイルは，端子Ａから端子Ｂへ上から見て時計回りに巻かれている。パイプの上端付近で円柱状の磁石を静かに放し落下させ，コイルの端子Ｂを基準とした端子Ａの電位(電圧)Vをオシロスコープで観察する。磁石の上面がコイルの上端に達するまでの落下距離をhとする。$h = 30\,\mathrm{cm}$のときの結果は，**図８**のようになった。ただし，時間軸の原点は$V = 100\,\mathrm{mV}$ になった瞬間に設定されている。

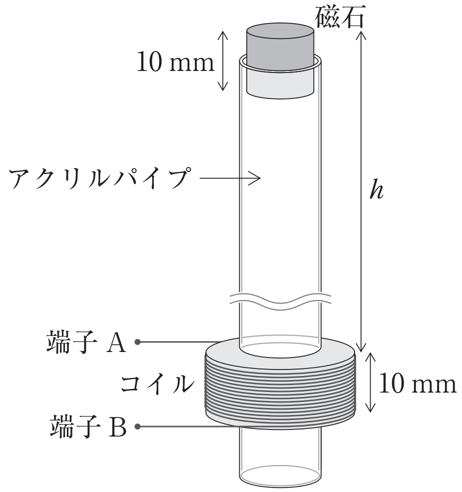


図７

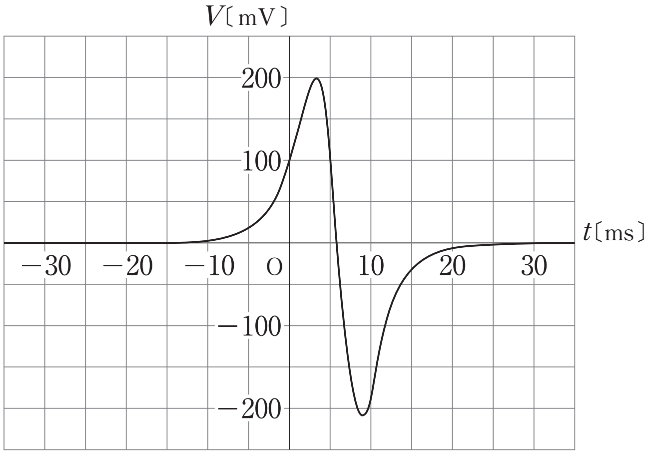


図８

問３　次の文章は，**図８**の結果から落下中の磁石の向きを推定する過程を述べたものである。文章中の空欄 ア ～ ウ に入れる語句の組合せとして最も適当なものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。 3

図８では，山が最初に現れることから，磁石がコイルに近づいてきたとき端子Aの電位が端子Bの電位より高くなったことがわかる。このとき，コイルには上から見て ア の電流を流そうとする向きに誘導起電力が生じていた。それは，コイルを上から下に貫く磁束が イ したからである。したがって，磁石が ウ を下にして近づいてきたことがわかる。

	ア	イ	ウ
①	時計回り	増加	N 極
②	時計回り	増加	S 極
③	時計回り	減少	N 極
④	時計回り	減少	S 極
⑤	反時計回り	増加	N 極
⑥	反時計回り	増加	S 極
⑦	反時計回り	減少	N 極
⑧	反時計回り	減少	S 極

問 4　次の文章中の空欄 **4** ・ **5** に入れる語句として最も適当なものを，下の①～⑤のうちから一つずつ選べ。ただし，同じものを繰り返し選んでもよい。 **4** **5**

落下距離 $h = 15\,\mathrm{cm}$ の条件で同様の実験を行い，オシロスコープの画面を，$h = 30\,\mathrm{cm}$ の場合の**図 8** と比較した。山の高さからわかる電圧と，谷の深さからわかる電圧はともに， **4** 。山の頂上と谷の底の時間差は **5** 。

① およそ 2 倍になる

② およそ $\sqrt{2}$ 倍になる

③ ほとんど変わらない

④ およそ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍になる

⑤ およそ $\frac{1}{2}$ 倍になる

< Note >

■ 演習問題

1　電磁誘導に関する次の文章（A・B）を読み，以下の問い（**問 1 ～ 5**）に答えよ。

A　**図 1** のように，軸を鉛直においたコイルの中に磁石を落下させ，コイルの両端の間の電圧の時間変化を測定する。この実験から磁石の内部の磁界のようすを測定しよう。ただし，以下の図中で N は磁石の N 極，S は S 極を表す。

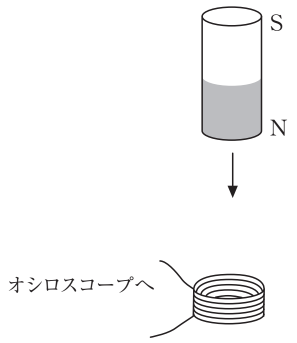


図 1

まず **図 2** のように，一巻きコイルの中を棒磁石が一定の速さで通過する場合を考える。コイルの内径は磁石の外径よりもわずかに大きい。このとき，コイルに現れる誘導起電力の時間変化を考察する。時刻 t_1，t_2，t_3 $(t_1 < t_2 < t_3)$ は，それぞれ，磁石が対応する図の位置にある瞬間を表す。

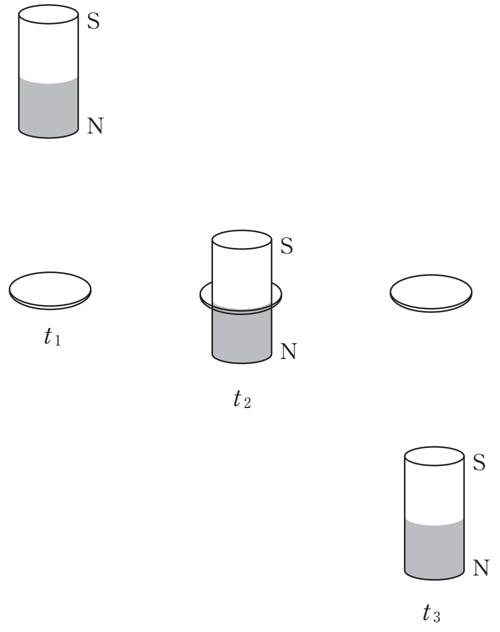


図２

問１　時刻 t にコイルを貫く磁束を $\Phi(t)$，この瞬間の誘導起電力を $V(t)$ とする。$V(t)$ と $\Phi(t)$ の関係を表す式はどれか。以下の中から正しいものを一つ選べ。ただし，$\Delta\Phi$ と ΔV とはそれぞれ時刻 t に続く短い時間 Δt の間の Φ と V の変化を表す。

| 1 |

①　$\Phi(t) = -V(t)\cdot t$　　②　$\Phi(t) = -V(t)/t$　　③　$V(t) = -2\Phi(t)\cdot t$

④　$V(t) = -2\Phi(t)/t$　　⑤　$\Phi(t) = -\Delta V(t)/\Delta t$　　⑥　$V(t) = -\Delta\Phi(t)/\Delta t$

問２　図３の①，②，③および④では，上向きの矢印で磁界の向き，また，コイルに沿う矢印で誘導起電力の向きを示している。磁界の大きさが図中の文字で示したように変化しているとき，次の①～④の中から正しい図を**すべて**選べ。 | 2 |

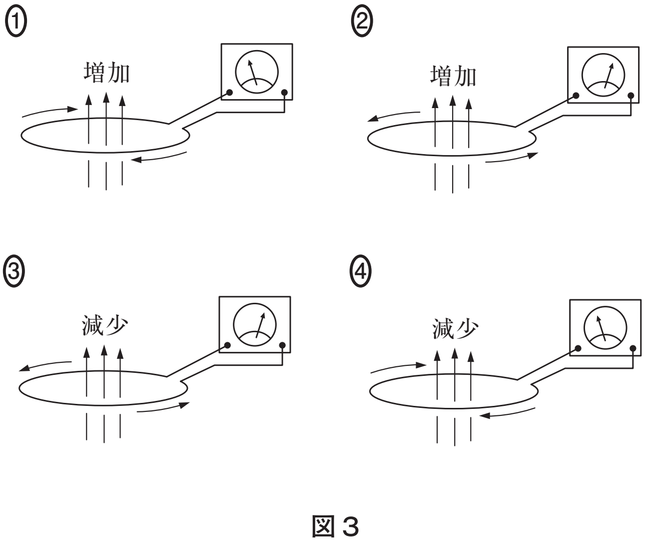


図３

問３　磁石の作る磁束のようすとして，**図４**のａ，ｂおよびｃを考える。これらは簡単な電界や磁界をヒントにして測定したものである。次の文章は，この実験結果に関する生徒たちの会話である。生徒たちの説明が科学的に正しい考察となるように，文章中の空欄に入れるグラフの記号として最も適当なものを**図５**のうちからそれぞれ一つずつ選ぶとき，正しい組合せになっているものを下の①～⑥の中から選べ。［ 3 ］

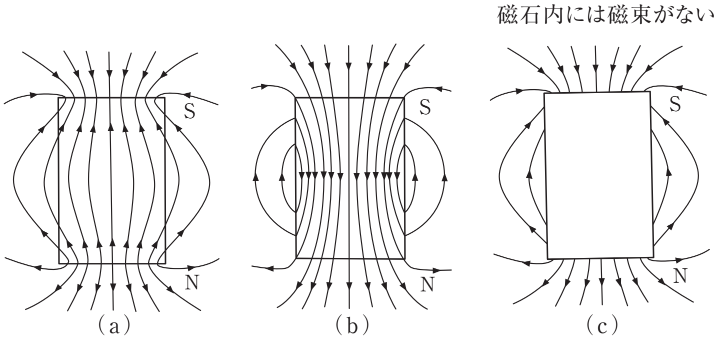


図４

「もし**図４**のａの形の磁束が実現しているとすると，誘導起電力の時間変化を表すグラフはどのようになるかな。」

「磁石がコイルを通過する直前と直後で，瞬時に磁場の向きが変わるので［ ア ］となるはずだ。」

「じゃあ，もし**図４**のｂの形ならどうかな。」

「さっきとは逆に，通過の前後で磁場の向きは変わらず，やがては下向きに貫く磁束が減るから［ イ ］となるだろう。」

「では最後に，**図４**のｃの形だったらどうかな。」

「磁石の内部には磁場が存在しないということだから［ ウ ］だろうね。」

	ア	イ	ウ
①	d	a	e
②	f	a	g
③	g	b	f
④	f	b	d
⑤	g	c	e
⑥	e	c	f

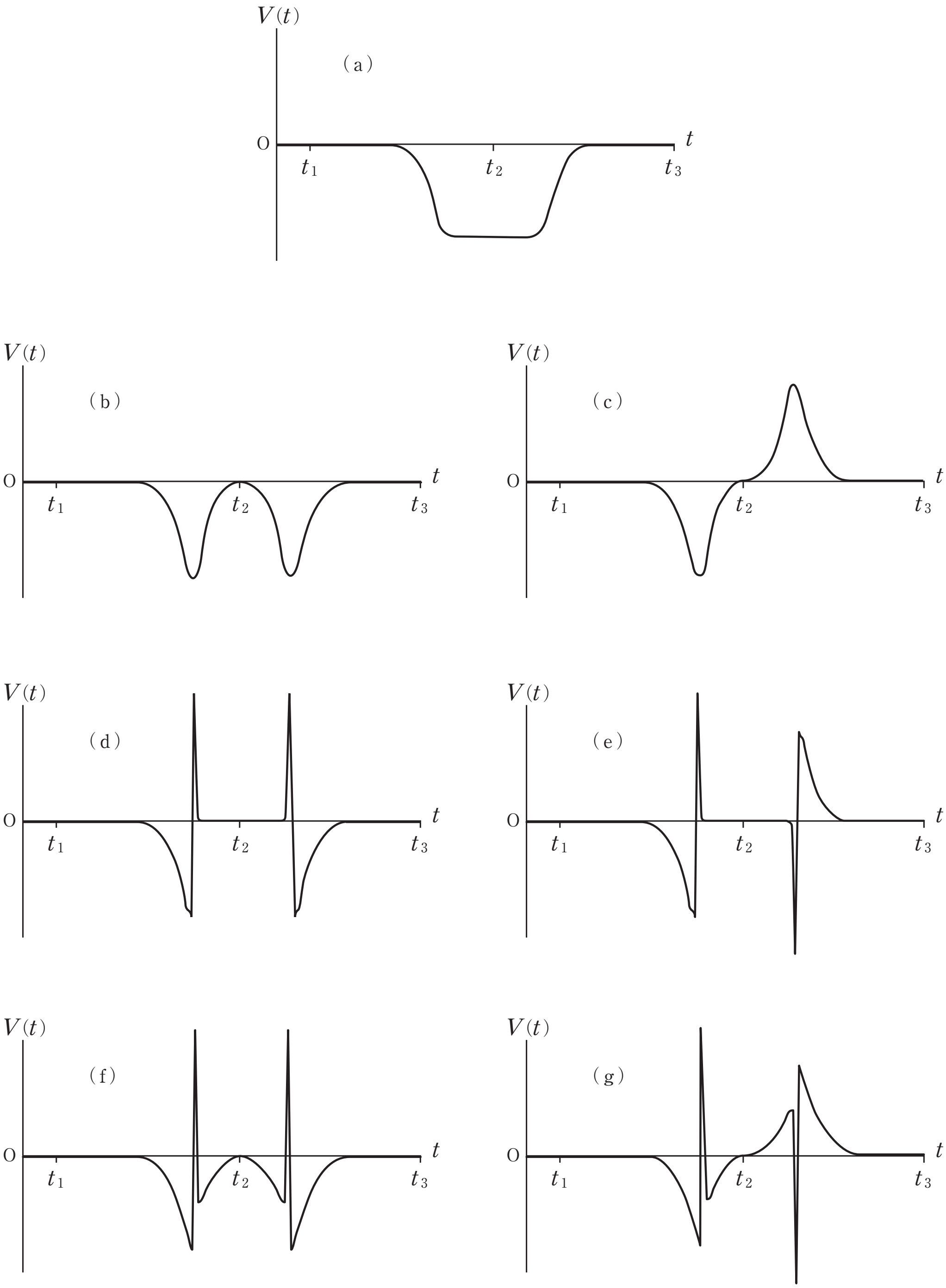


図５　t_1，t_2 および t_3 はそれぞれ磁石とコイルが図２に示した位置にある時刻を表す。

B　**図1**の実験で，時刻 $t = 0$ に磁石を静かに放して自由落下させる。このとき，薄いコイルの両端の間の電圧の変化をオシロスコープで測定したところ，**図６**のようになった。

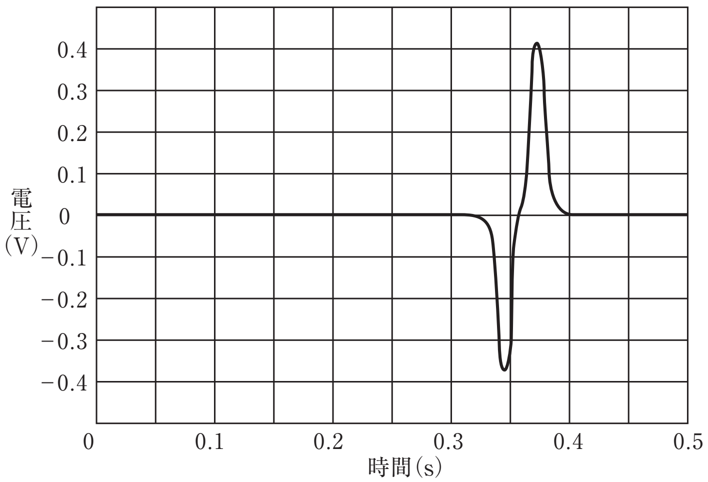


図６

問４　**図６**の実験結果から推定すると，磁石の長さはおおよそいくらか。最も適当なものを次の①〜⑥のうちから選べ。ただし，コイルの長さは磁石の長さよりはるかに短いものとする。［ **4** ］cm

①　1　　②　5　　③　10　　④　20　　⑤　30　　⑥　50

問５　以上の結果を考えると，**図４**のa，bおよびcの中で，磁石の作る磁束に最も近いものはどれと考えられるか。最も適当なものを，次の①〜③のうちから選べ。
［ **5** ］

①　a　　②　b　　③　c

＜ Note ＞

第４講　2018年度 試行調査 第4問＆演習問題　解答

■ 2018年度 試行調査

問題番号（配点）	設問		解答番号	正解	配点
第４問 (22)	A	1	1	4	3
		2	2	6	4
	B	3	3	5	5 ＊4
		4	4	4	5
			5	2	5

（注）
＊４は，4 を解答した場合には２点を与える。

■ 演習問題

問題番号	設問	解答番号	正解
1	問１	1	6
	問２	2	1，3
	問３	3	5
	問４	4	3
	問５	5	2

＜ Note ＞